

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-289108

(43)Date of publication of application : 04.11.1997

(51)Int.Cl.

H01F 1/053  
G23C 22/28  
G23C 22/78  
G23C 28/00  
H01F 41/02

(21)Application number : 08-122625

(71)Applicant : SUMITOMO SPECIAL METALS CO  
LTD

(22)Date of filing : 19.04.1996

(72)Inventor : YOSHIMURA MASAYUKI  
KIKUI FUMIAKI  
SUZUKI MASAKO

## (54) R-Fe-B PERMANENT MAGNET HAVING ELECTRIC INSULATING FILM EXCELLENT IN ADHESION AND ITS MANUFACTURE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To raise electric insulating property, corrosion resistance, and heat resistance, by forming a base metallic film at a specified thickness on the surface of an R-Fe-B permanent magnet, and then, performing chromate treatment on the metallic film, and subsequently, giving a silane coupling agent, and then, coating the silane coupling face with polyimide at a specified thickness.

SOLUTION: This is an R-Fe-B permanent magnet having an electric insulating film excellent in adhesion, where a base metallic film 1.0 $\mu$ m-10 $\mu$ m in thickness is given to the surface of the R-Fe-B permanent magnet, and then a chromate film, on the base metallic film, and a silane coupling agent, and a polyimide film 2.0 $\mu$ m-10 $\mu$ m in thickness, on the outermost surface, are stacked. Moreover, this is an R-Fe-B permanent magnet which has an electric insulating film excellent in adhesion, where the base metallic layer is At, Ti, Ni, Zn, Sn, Fe, and its alloy. Hereby, a permanent magnet which is suitable for the application to a relay, etc., requiring high electric insulation, favorable corrosion resistance, and heat resistance, and its manufacture can be obtained.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-289108

(43)公開日 平成9年(1997)11月4日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H01F 1/053			H01F 1/04	H
C23C 22/28			C23C 22/28	
		22/78	22/78	
		28/00	28/00	C
H01F 41/02			H01F 41/02	G
審査請求 未請求 請求項の数3 FD (全7頁)				

(21)出願番号 特願平8-122625

(22)出願日 平成8年(1996)4月19日

(71)出願人 000183417

住友特殊金属株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号

(72)発明者 吉村 公志

大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住  
友特殊金属株式会社山崎製作所内

(72)発明者 菊井 文秋

大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住  
友特殊金属株式会社山崎製作所内

(72)発明者 鈴木 雅子

大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住  
友特殊金属株式会社山崎製作所内

(74)代理人 弁理士 押田 良久

(54)【発明の名称】 密着性のすぐれた電気絶縁性被膜を有するR-Fe-B系永久磁石とその製造方法

(57)【要約】

【課題】 R-Fe-B系永久磁石体表面に、局部的あるいは所要面のみに十分な密着性を付与して電気絶縁性にすぐれたポリイミド被膜を形成し、局部的に電気絶縁性が求められる電子機器やモーターなどを駆動する場合に使われるリレー（電磁開閉器）等の用途に適したR-Fe-B系永久磁石。

【解決手段】 磁石表面をイオンスパッター法等により清浄化した後、前記磁石体表面にめっき法あるいはイオンプレーティング法等の気相薄膜形成法により、R-Fe-B系永久磁石との密着性の良好な特定膜厚のAl、Ti、Ni、Zn、Sn、Fe等の金属または合金被膜による下地金属膜を形成後、下地金属膜上にクロメート処理を行い、クロメート被膜との密着性およびポリイミド樹脂との密着性の良好なシランカップリング剤を施した後、最表面上にポリイミド樹脂を蒸着重合法により形成する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 主相が正方晶からなるR-F e-B系永久磁石体表面に、膜厚1.0 $\mu$ m~10 $\mu$ mの地下金属膜を施した後、地下金属膜上にクロメート被膜とシランカップリング剤および最表面に膜厚2.0 $\mu$ m~10 $\mu$ mのポリイミドの被膜を積層したことを特徴とする密着性のすぐれた電気絶縁性被膜を有するR-F e-B系永久磁石。

【請求項2】 請求項1において、地下金属層は、Al、Ti、Ni、Zn、Sn、Feおよびその合金であることを特徴とする密着性のすぐれた電気絶縁性被膜を有するR-F e-B系永久磁石。

【請求項3】 主相が正方晶からなるR-F e-B系永久磁石体表面を清浄化した後、めっき法あるいは気相成膜法により前記磁石体面に膜厚1.0 $\mu$ m~10.0 $\mu$ mの地下金属膜を形成後、前記金属膜にクロム酸塩処理を施し、クロメート被膜上にシランカップリング剤を積層した後、さらに前記磁石体を真空容器内に収容して蒸着重合法により、膜厚2.0 $\mu$ m~10 $\mu$ mのポリイミド膜層を形成する密着性のすぐれた電気絶縁性被膜を有するR-F e-B系永久磁石の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、R-F e-B系永久磁石の改良に係り、R-F e-B系永久磁石表面に所定膜厚の地下金属層を施し、さらに地下金属膜上にクロメート被膜とシランカップリング剤を積層した後、シランカップリング被膜上に蒸着重合法によりポリイミド樹脂にて被覆した構成により、電子機器やモーターなどを駆動する場合に使われるリレー（電磁開閉器）等において、局部的に密着性のすぐれた電気絶縁性が求められる用途に適したR-F e-B系永久磁石とその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】R-F e-B系永久磁石は、実用化されている磁石の中で最もすぐれた磁気特性を有するが、電気伝導性があり、かつ耐食性および磁気特性の温度特性が悪いという欠点があるため、発明者らは、前記磁石の電気絶縁性、耐熱性、および耐食性改善のため磁石表面に蒸着重合法により、ポリイミド被膜を被着させることを知見した。

【0003】しかし、磁石表面にポリイミド被膜を形成する際、蒸着重合法時およびイミド化処理時に、水を生成して、ポリイミド被膜の密着性および磁石の耐食性および耐熱性を阻害することを知見し、さらに検討を加えた結果、発明者は、先に、磁石表面にカーボン膜あるいは地下金属膜または、地下金属膜がAl膜あるいは、Zn膜の場合はクロメート被膜を形成後、ポリイミド被膜を被覆することを提案した（特願平7-43482号、特願平7-70896号）。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記方法では、被処理物全面にポリイミド被膜を形成する場合は有効であるが、リレー等の用途により、局部的あるいは所要の面にのみポリイミド被膜を形成することは、磁石とポリイミド被膜間の密着性が十分でないため、局部的あるいは所要面の端部より剥離を発生する問題があり、適用が不可能であった。

【0005】また最近、耐食性有機被膜と永久磁石体の密着強度を向上させ、耐食性を改善することを目的として、希土類・鉄系永久磁石体表面にクロメート被膜とシランカップリング剤およびポリパラキシリレンの被膜を積層する技術が提案されている（特公平7-9846号）。

【0006】しかし、上記に提案されている技術において、確かに耐食性有機被膜と永久磁石体の密着強度は向上しているが、耐食性有機被膜であるポリパラキシリレンは、ポリイミドに比べて電気絶縁性および耐食性に劣り、また地下金属膜を介在しないため、密着性および耐食性が良好ではないという問題があり、この発明の対象である、局部的あるいは所要の面にきわめて高い電気絶縁性と良好な耐食性と耐熱性が求められるリレー等の用途に適用するには、不十分であった。

【0007】この発明は、電子機器やモーターなどを駆動する場合に使われる局部的に電気絶縁性が求められるリレー（電磁開閉器）等の用途に適したR-F e-B系永久磁石を目的とし、R-F e-B系永久磁石体表面に、局部的あるいは所要面のみに十分な密着性を付与して電気絶縁性にすぐれたポリイミド被膜を形成したR-F e-B系永久磁石とその製造方法の提供を目的としている。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】発明者らは、R-F e-B系永久磁石体表面に局部的あるいは所要の面のみに、密着性を向上させてポリイミド被膜を形成する方法などについて種々検討した結果、R-F e-B系永久磁石体表面に、地下金属膜を形成した後、前記金属膜にクロメート処理を行い、その後に、前記クロメート被膜と密着性の良好なシランカップリング剤を施した後、シランカップリング面上にポリイミド樹脂を被着することにより、クロメート被膜は、多孔性かつ凹凸状の地下金属被膜の孔や凹部をクロメート処理により埋めて表面を均一化し、耐食性を高めるクロムシールとしての役割と地下金属被膜とシランカップリング剤の反応を促進させ、ひいては、ポリイミド被膜の密着性を向上させる役割を兼ね備え、耐食性向上に寄与し、地下層のクロメート被膜とシランカップリングおよびシランカップリングとポリイミド被膜との密着性を良好にし、局部的あるいは所要面にすぐれた電気絶縁性、耐食性および耐熱性のすぐれたポリイミド樹脂をR-F e-B系永久磁石表面に被着

3

できることを知見し、この発明を完成した。

【0009】すなわち、この発明は、主相が、正方晶からなるR-Fe-B系永久磁石体表面に、膜厚1.0μm~10μmの下地金属膜を施した後、下地金属膜上はクロメート被膜と、シランカップリング剤および最表面に膜厚2.0μm~10μmのポリイミド被膜を積層した密着性のすぐれた電気絶縁性被膜を有するR-Fe-B系永久磁石であり、また、上記の構成において、下地金属層は、Al、Ti、Ni、Zn、Sn、Feおよびその合金である密着性のすぐれた電気絶縁性被膜を有するR-Fe-B系永久磁石を併せて提案する。

【0010】また、この発明は、上記のR-Fe-B系永久磁石の製造方法として、主相が、正方晶からなるR-Fe-B系永久磁石体表面をイオンスパッター法等により清浄化した後、前記磁石体表面にめっき法あるいはイオンプレーティング法、イオンスパッタリング法、蒸着等の気相薄膜形成法により、該磁石体と密着性の良好な、膜厚1.0μm~10μmの下地金属膜を形成後、クロム酸塩処理してクロメート被膜上にシランカップリング剤を施した後、前記磁石体を真空容器内に収容して、蒸着重合法により最表面に膜厚2.0μm~10μmのポリイミド膜層を積層する、密着性のすぐれた電気絶縁性被膜を有するR-Fe-B系永久磁石の製造方法を提案する。

【0011】

【発明の実施の形態】この発明において、清浄化した磁石表面に設ける下地金属膜の厚みを1.0μm~10.0μmに限定した理由は、1.0μm未満では十分なる高い耐食性は得られず、10.0μmを越えると効果的には問題ないが、下地膜としてコスト上昇を招来して、実用的でなく好ましくないため、下地金属膜厚は1.0μm~10.0μmとする。好ましい金属膜厚は6μm~8μmである。

【0012】また、下地金属膜の成膜方法は、電解めっき法や無電解めっき法などのめっき法あるいはイオンプレーティング法、イオンスパッタリング法、蒸着等の気相薄膜形成法でよい。この発明において、下地金属膜には、R-Fe-B系永久磁石との密着性の良好なAl、Ti、Ni、Zn、Sn、Feおよびその合金が好ましい。

【0013】この発明において、クロメート被膜は、R-Fe-B系永久磁石体をクロム酸塩処理として、塗装の下地処理等に一般に用いられているクロム酸含有処理溶液に浸漬もしくは、スプレー処理して得られる。被膜の膜厚は10nm~100nmである。

【0014】この発明において、シランカップリング処理は、下地金属膜上にクロメート被膜を有する永久磁石体を、シランカップリング剤またはその溶液中に浸漬した後、大気乾燥する。シランカップリング剤膜厚は5nm~200nmである。また、シランカップリング剤

4

は、クロメート被膜等の酸化物被膜との間で、縮合反応し、強固に密着するものであり、ビニル基またはγ基を持つ種々のシランカップリング剤が選択できるが、好ましくは、下記化学式で示すγ-グリシドプロピルトリメトキシシランが良い。

【0015】

【化1】



【0016】この発明においてポリイミド樹脂の厚みを2.0μm~10μmに限定した理由は、2.0μm未満では被覆が十分でなく、耐食性にすぐれた被膜が得られず、10μmを越えると効果上は問題ないが、製造コスト上昇を招来するので実用的でなく、好ましくない。

【0017】さらに、この発明において、蒸着重合法は、真空度1Pa~10<sup>-3</sup>Paの真空容器でポリイミド膜の原料となる2種類のモノマーを200℃~250℃で加熱蒸着して、ポリアミック酸膜を形成後、常圧下、280℃~380℃でイミド化処理を行って、ポリイミド膜を生成することが好ましい。

【0018】この発明において、蒸着重合する真空容器の真空度を1Pa~10<sup>-3</sup>Paに限定した理由は、1Paを越えると重合反応が不均一となり膜質が劣化し、また、10<sup>-3</sup>Pa未満ではモノマーの蒸発がきわめて少なく、安定した重合反応が生じないので好ましくないことによる。さらに、蒸着重合時の基板磁石の温度は、150℃~200℃に設定するのが好ましく、150℃未満では磁石基板との密着が十分でなく、200℃を越えると磁石基板上での蒸着重合反応がすみやかに進行しないため、基板磁石の温度は150℃~200℃に設定するとよい。

【0019】この発明において、蒸着重合に用いる2種類の原料モノマーは、芳香族カルボン酸二無水物、芳香族ジアミンであり、芳香族カルボン酸二無水物としてはピロメリット酸二無水物等があり、芳香族ジアミンとしてはジアミノジフェニルエーテル、p-フェニルジアミン等が用いられる。また、真空容器内で2種類の原料モノマーを200℃~250℃で加速蒸着する理由は、200℃未満では蒸発量が十分でなく、250℃を越えると蒸発速度が大きすぎて膜厚制御が難しく、好ましくないことによる。

【0020】また、この発明において、ポリイミド樹脂を生成するイミド化温度は、280℃未満ではイミド化反応が十分に進行せず、シランカップリング剤との密着性が十分でなく、380℃を越えるとポリイミド樹脂が劣化して脆くなり亀裂等が生じて剥離が発生するため280℃~380℃とする。

【0021】この発明の永久磁石に用いる希土類元素R

は、組成の10原子%～30原子%を占めるが、Nd、Pr、Dy、Ho、Tbのうち少なくとも1種、あるいはさらに、La、Ce、Sm、Gd、Er、Eu、Tm、Yb、Lu、Yのうち少なくとも1種を含むものが好ましい。また、通常Rのうち1種をもって足りるが、実用上は2種以上の混合物（ミッシュメタル、ジジム等）を入手上の便宜等の理由により用いることができる。なお、このRは純希土類元素でなくてもよく、工業上入手可能な範囲で製造上不可避な不純物を含有するものでも差支えない。

【0022】Rは、R-Fe-B系永久磁石における必須元素であって、10原子%未満では結晶構造が $\alpha$ -鉄と同一構造の立方晶組織となるため、高磁気特性、特に高保磁力が得られず、30原子%を超えるとRリッチな非磁性相が多くなり、残留磁束密度(B<sub>r</sub>)が低下してすぐれた特性の永久磁石が得られない。よって、Rは10原子%～30原子%の範囲が望ましい。

【0023】Bは、上記系永久磁石における必須元素であって、2原子%未満では菱面体構造が主相となり高い保磁力(iHc)は得られず、28原子%を超えるとBリッチな非磁性相が多くなり、残留磁束密度(B<sub>r</sub>)が低下するため、すぐれた永久磁石が得られない。よって、Bは2原子%～28原子%の範囲が望ましい。

【0024】Feは、上記系永久磁石において必須元素であり、65原子%未満では残留磁束密度(B<sub>r</sub>)が低下し、80原子%を超えると高い保磁力が得られないので、Feは65原子%～80原子%の含有が望ましい。また、Feの一部をCoで置換することは、得られる磁石の磁気特性を損うことなく、温度特性を改善することができるが、Co置換量がFeの20%を超えると、逆に磁気特性が劣化するため好ましくない。Coの置換量がFeとCoの合計量で5原子%～15原子%の場合は、(B<sub>r</sub>)は置換しない場合に比較して増加するため、高磁束密度を得るために好ましい。

【0025】また、R、B、Feの他、工業的生産上不可避的な不純物の存在を許容でき、例えば、Bの一部を4.0wt%以下のC、2.0wt%以下のP、2.0wt%以下のS、2.0wt%以下のCuのうち少なくとも1種、合計量で2.0wt%以下で置換することにより、永久磁石の製造性改善、低価格化が可能である。さらに、Al、Ti、V、Cr、Mn、Bi、Nb、Ta、Mo、W、Sb、Ge、Sn、Zr、Ni、Si、Zn、Hf、のうち少なくとも1種は、R-Fe-B系永久磁石に対してその保磁力、減磁曲線の角型性を改善あるいは製造性の改善、低価格化に効果があるため添加することができる。なお、添加量の上限は、磁石材料の(BH)<sub>max</sub>を20MGoe以上とするには、(B<sub>r</sub>)が少なくとも9kG以上必要となるため、該条件を満たす範囲が望ましい。

【0026】また、この発明の永久磁石は平均結晶粒徑

が1～80 $\mu$ mの範囲にある正方晶系の結晶構造を有する化合物を主相とし、体積比で1%～50%の非磁性相（酸化物相を除く）を含むことを特徴とする。この発明による永久磁石は、保磁力iHc $\geq$ 1kOe、残留磁束密度B<sub>r</sub>>4kG、を示し、最大エネルギー積(BH)<sub>max</sub>は、(BH)<sub>max</sub> $\geq$ 10MGoeを示し、最大値は25MGoe以上に達する。

【0027】

【実施例】16Nd-1Dy-75Fe-8B組成の鋳造インゴットを粉砕し、微粉碎後に成形、焼結、熱処理後に径20mm $\times$ 7mm寸法の円板状の磁石体試験片を得た。その磁気特性を表1に示す。真空容器内を1 $\times$ 10<sup>-3</sup>Pa以下に真空排気し、Arガス圧10Pa、-500Vで15分間表面スパッターを行って、磁石体表面を清浄化した後、表2に示すイオンプレーティング条件にて、磁石体表面に表2に示すTi、Al、Zn、Sn、Feの下地金属被膜層を形成した。なお、Ni下地被膜層は電気めっき法にて形成した。

【0028】次に、アルサーフ600N（日本ペイント製）の3%溶液に50℃に5分間浸漬し、100℃で大気乾燥して、膜厚20nmのクロメート被膜を得、ついで $\gamma$ -グリシドプロピルトリメトキシシランで3分間の浸漬処理し、150℃で30分間乾燥して、膜厚10nmのシランカップリング被膜を得た。

【0029】その後、得られた永久磁石を真空容器に収容し、真空容器内を1 $\times$ 10<sup>-2</sup>Paの真空度に設定し、1つの蒸発源としてピロメリット酸二無水物を220℃で加熱するとともに、もう1つの蒸発源としてジアミノジフェニルエーテルを210℃で加熱して、さらに磁石基板を170℃に加熱して、1.5時間処理を行い、原料モノマーを磁石表面に蒸着重合させてポリアミク被膜を生成させた。

【0030】次に常圧下、窒素雰囲気中300℃で1時間加熱してイミド化処理を行い、ポリイミド樹脂膜を生成させることにより、ポリイミド樹脂膜を8 $\mu$ m厚に形成した。こうして得られたポリイミド樹脂膜を表面に有する永久磁石体を耐食性試験前後の磁気特性ならびに体積抵抗率測定用の試験片とした。ここで、体積抵抗率とは、電気絶縁性を評価するものであり、下記(1)式から求める。

【0031】

【数1】

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l} \quad (1) \text{式}$$

$\rho$ : 体積抵抗率[ $\Omega \cdot \text{cm}$ ]、R: 抵抗[ $\Omega$ ]、S: 電極面積[ $\text{cm}^2$ ]、

l: ポリイミドの膜厚[ $\text{cm}$ ]

【0032】また、ポリイミド樹脂膜を表面に有する永久磁石体から寸法10mm $\times$ 10mm $\times$ 7mmの直方体形状の上下2面にポリイミド樹脂を有する試験片に切出

し、得られた切出し試験片と切出し以前の試験片を温度80℃、相対湿度90%の条件下で1000時間放置後に、ポリイミド膜形成面の表面発錆状況と磁気特性を測定し、その測定結果を表3に表す。

#### 【0033】比較例1

実施例1と同一組成の磁石体試験片を実施例1と同一条件にてクロメート処理およびシランカップリングを施した後、表面に実施例1と同一条件にてポリイミド樹脂膜を8μm厚に形成した。その後、実施例1と同一の温度80℃、相対湿度90%の条件下で1000時間放置後、ポリイミド膜形成面の表面発錆状況と磁気特性を測定し、その結果を表3に示す。

#### 【0034】比較例2

実施例1と同一組成の磁石体試験片を実施例1と同一条件にてTiの下地金属被膜層を6.0μm形成し、実施例1と同一条件にて、シランカップリング剤を施した後、表面にポリイミド樹脂膜を8μm厚に形成した。その後、実施例1と同一の温度80℃、相対湿度90%の条件下で1000時間放置後、ポリイミド膜形成面の表面発錆状況と磁気特性を測定し、その結果を表3に示す。\*20

\*す。

#### 【0035】比較例3

実施例1と同一組成の磁石体試験片を実施例1と同一条件にてTiの下地金属被膜層を6.0μm形成し、実施例1と同一条件にて、クロメート処理を施した後、表面にポリイミド樹脂膜を8μmに形成した。その後、実施例1と同一の温度80℃、相対湿度90%の条件下で1000時間放置後のポリイミド膜形成面の表面発錆状況と磁気特性を測定し、その結果を表3に示す。

#### 【0036】比較例4

実施例1と同一組成の磁石体試験片を実施例1と同一条件にてクロメート処理を施した後、実施例1と同一条件にて、シランカップリング剤を施し、表面にポリバキシリレンを真空蒸着により8μm厚に形成した。その後、実施例1と同一の温度80℃、相対湿度90%の条件下で1000時間放置前後の体積抵抗率を測定し、その結果を表4に示す。

#### 【0037】

#### 【表1】

	耐食性試験前磁気特性					
	時効処理後			表面処理後		
	Br(kG)	iHc(kOe)	(BH)max(MGOe)	Br(kG)	iHc(kOe)	(BH)max(MGOe)
実施例1	11.3	16.0	30.0	11.2	16.0	30.0
実施例2	11.3	16.0	30.1	11.2	15.9	30.1
実施例3	11.2	16.1	30.0	11.2	16.0	30.0
実施例4	11.2	16.1	30.1	11.2	15.9	30.1
実施例5	11.3	16.0	30.0	11.2	16.0	30.1
実施例6	11.3	16.0	30.1	11.2	15.9	30.1
比較例1	11.3	16.1	30.1	11.2	16.0	30.0
比較例2	11.2	16.0	30.1	11.2	15.9	30.0
比較例3	11.3	16.1	30.1	11.3	16.0	30.1

【0038】

40 【表2】

	Arガス圧 Pa	アーク電流 A	処理時間	ターゲット	下地被膜	被膜厚 ( $\mu\text{m}$ )
実施例1	0.1	100	120分	Ti	Ti	6.0
実施例2	0.1	100	70分	Al	Al	7.0
実施例3	※	-	-	-	Ni	4.0
実施例4	0.1	100	90分	Zn	Zn	9.0
実施例5	0.1	100	50分	Sn	Sn	5.0
実施例6	0.1	100	120分	Fe	Fe	8.0

※ 実施例3は電気めっき法にて成膜した。

【0039】

【表3】

	磁気特性						耐食性試験後 表面状況
	耐食性試験後(1000Hr)			磁気特性劣化率(%)			
	Br (kG)	iHc (kOe)	(BH)max (MGoe)	Br	iHc	(BH)max	
実施例1	11.2	15.7	29.5	<1	1.9	1.7	変化なし
実施例2	11.2	15.6	29.5	<1	2.5	2.0	変化なし
実施例3	11.1	15.7	29.3	<1	2.5	2.3	変化なし
実施例4	11.1	15.8	29.4	<1	1.9	2.3	変化なし
実施例5	11.2	15.7	29.4	<1	1.9	2.0	変化なし
実施例6	11.2	15.8	29.7	<1	1.3	1.3	変化なし
比較例1	10.6	15.2	28.7	6.2	5.6	4.7	膜一部剥離 部分的発錆
比較例2	11.1	15.6	29.3	<1	2.5	2.7	膜端部剥離
比較例3	11.2	15.7	29.4	<1	2.5	2.7	膜端部剥離

$$\text{磁気特性劣化率(\%)} = \frac{(\text{時効処理後磁気特性}) - (\text{耐食性試験後磁気特性})}{(\text{時効処理後磁気特性})}$$

【0040】

40 【表4】

	体積抵抗率( $\Omega\text{cm}$ )	
	耐食性試験前	耐食性試験後
実施例1	$2.7 \times 10^{15}$	$2.5 \times 10^{15}$
比較例4	$3.2 \times 10^{14}$	膜剥離で測定不可



11

## 【0041】

【発明の効果】この発明は、磁石表面をイオンスパッタ一法等により清浄化した後、前記磁石体表面にめっき法あるいはイオンプレーティング法等の気相薄膜形成法により、R-Fe-B系永久磁石との密着性の良好な特定膜厚のAl、Ti、Ni、Zn、Sn、Fe等の金属または合金被膜による下地金属膜を形成後、下地金属膜上

12

にクロメート処理を行い、クロメート被膜との密着性およびポリイミド樹脂との密着性の良好なシランカップリング剤を施した後、最表面上にポリイミド樹脂を蒸着重合法により形成することにより、実施例に示すごとく、目的とする密着性にすぐれた電気絶縁性被膜が得られ、特に局部的に電気絶縁性が求められるリレーに使用可能な高性能R-Fe-B系永久磁石が得られる。